



ITW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Ephraim Gutmark et al.

Application No.: **10/725,564**

Filing Date: 3 Dec. 2003

Title: METHOD AND DEVICE FOR
AFFECTING THERMOACOUSTIC
OSCILLATIONS IN COMBUSTION
SYSTEMS

Art Unit: [to be assigned]

Examiner: [to be assigned]

Atty. Ref. No.: 003-099

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF APPLICATION IN SUPPORT OF A
CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

Commissioner For Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicant submits herewith a certified copy of the prior application identified below, in support of a claim for priority under 35 U.S.C. § 119 in the above-identified patent application:

Country	Priority Document Appl. No.	Filing Date
DE	102 57 245.3	7 Dec. 2002

Prompt acknowledgment of this claim and submission is respectfully requested.

Respectfully submitted,

Date: 22 Dec. 2004

Adam J. Cermak
Reg. No. 40,391

U.S. P.T.O. Customer Number 36844
Cermak & Kenealy LLP
P.O. Box 7518
Alexandria, VA 22307

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

10/725,554



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 57 245.3

Anmeldetag: 7. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: ALSTOM Technology Ltd., Baden/CH

Erstanmelder: ALSTOM (Switzerland) Ltd.

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung
thermoakustischer Schwingungen in
Verbrennungssystemen

IPC: F 23 C, F 23 R

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in Verbrennungssystemen

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem mit wenigstens einem Brenner und wenigstens einer Brennkammer mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bzw. mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 7.

Stand der Technik

Es ist bekannt, dass in Brennkammern von Gasturbinen häufig unerwünschte thermoakustische Schwingungen auftreten. Mit dem Begriff „thermoakustische Schwingungen“ werden sich gegenseitig aufschaukelnde thermische und akustische Störungen bezeichnet. Es können dabei hohe Schwingungsamplituden auftreten, die zu unerwünschten Effekten, wie etwa zu einer hohen mechanischen Belastung der Brennkammer, einer erhöhten NO_x-Emission durch eine inhomogene Verbrennung und sogar zu einem Erlöschen der Flamme führen können. Dies trifft insbesondere für Verbrennungssysteme mit geringer akustischer Dämpfung zu. Um eine hohe Leistung in Bezug auf

Pulsationen und Emissionen über einen weiten Betriebsbereich zu gewährleisten, kann eine aktive Kontrolle der Verbrennungsschwingungen notwendig sein.

Um besonders niedrige NO_x-Emissionen zu erzielen, wird in modernen Gasturbinen ein zunehmender Anteil der Luft durch die Brenner selbst geleitet und der Kühlluftstrom reduziert. Da bei herkömmlichen Brennkammern die in die Brennkammer einströmende Kühlluft schalldämpfend wirkt und damit zur Dämpfung thermoakustischer Schwingungen beiträgt, wird durch die vorgenannten Maßnahmen zur Reduzierung der NO_x-Emissionen die Schalldämpfung reduziert.

Aus der EP 0 918 152 A1 ist es bekannt, thermoakustische Schwingungen dadurch zu beeinflussen, dass die sich im Bereich des Brenners ausbildende Scherschicht akustisch angeregt wird.

Aus der EP 0 985 810 A1 ist es bekannt, thermoakustische Schwingungen dadurch zu beeinflussen, dass eine Eindüsung von flüssigem oder gasförmigem Brennstoff moduliert erfolgt.

Die bekannten Vorrichtungen und Verfahren sind jeweils zur Beeinflussung einer bestimmten Störfrequenz der thermoakustischen Schwingungen abgestimmt. Bei bestimmten Anwendungsfällen können jedoch auch Schwingungssysteme mit mehreren Störfrequenzen auftreten, wobei es insbesondere möglich ist, dass die Reduzierung der störenden Wirkung einer Haupt-Störfrequenz die Störwirkung einer Neben-Störfrequenz verstärkt.

Darstellung der Erfindung

Hier setzt die Erfindung an. Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, einen Weg zur Verbesserung der Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem aufzuzeigen, wobei insbesondere die Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen mit zwei oder mehr Störfrequenzen ermöglicht werden soll.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, mehrere Störfrequenzen der thermoakustischen Schwingungen separat zu beeinflussen. Hierdurch können nachteilige Wechselwirkungen, die bei der Bekämpfung der einen Störfrequenz eine Verstärkung der anderen Störfrequenz hervorrufen können, reduziert oder eliminiert werden. Es hat sich gezeigt, dass durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise zumindest die Bedämpfung der Haupt-Störfrequenz deutlich verstärkt werden kann.

Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform können zwei Störfrequenzen ausschließlich durch akustische Anregung der Gasströmung mit Schwingungen unterschiedlicher Phasen und/oder Amplituden beeinflusst werden. Bei dieser Ausführungsform kann zur Beeinflussung von zwei Störfrequenzen auf eine modulierte Eindüsung verzichtet werden. Die Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen erfolgt hierbei hauptsächlich auf akustischem Weg.

Bei einer alternativen Weiterbildung können zwei Störfrequenzen ausschließlich durch modulierte Eindüsung des Brennstoffs mit Eindüsmodulationen unterschiedlicher Eindüszeiten und/oder Eindüsmengen beeinflusst werden. Im

Unterschied zur vorstehend genannten Variante kann bei dieser auf eine akustische Anregung der Gasströmung verzichtet werden. Dementsprechend erfolgt die Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen hier hauptsächlich über die Brennstoffeindüsung.

Des Weiteren ist eine Lösung denkbar, bei welcher eine Störfrequenz durch akustische Anregung der Gasströmung beeinflusst wird, während eine andere Störfrequenz durch modulierte Eindüsung des Brennstoffs beeinflusst wird. Bei dieser Variante werden die beiden unterschiedlichen Beeinflussungs-Methoden miteinander kombiniert, um unterschiedliche Störfrequenzen mit unterschiedlichen Methoden zu beeinflussen. Bei einem derartigen Aufbau kann insbesondere auf die eingangs genannten bekannten Systeme zurückgegriffen werden.

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen. Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 bis 3 jeweils eine stark vereinfachte Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bei unterschiedlichen Ausführungsformen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Entsprechend den Fig. 1 bis 3 umfasst eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 eine Steuerung 2, die hier lediglich durch einen mit unterbrochenen Linien dargestellten Rahmen symbolisiert ist. Die Vorrichtung 1 besitzt außerdem wenigstens eine akustische Quelle 3 und/oder wenigstens ein Steuerventil 4 einer im Übrigen nicht gezeigten Brennstoffversorgungseinrichtung. Die Vorrichtung 1 ist einem Verbrennungssystem 5 zugeordnet, das üblicherweise wenigstens einen Brenner 6 sowie wenigstens eine Brennkammer 7 aufweist. Zur Vereinfachung sind hier Brenner 6 und Brennkammer 7 durch ein gemeinsames Rechteck symbolisiert.

Die hier gezeigten Ausführungsbeispiele unterscheiden sich im wesentlichen dadurch voneinander, dass bei der Variante gemäß Fig. 1 die Steuerung 2 zwei separate akustische Quellen 3 ansteuert, während sie bei der Variante gemäß Fig. 2 zwei separate Steuerventile 4 ansteuert und bei der Variante gemäß Fig. 3 eine akustische Quelle 3 und ein Steuerventil 4 ansteuert. Sofern zwei akustische Quellen 3 vorhanden sind, ist eine davon mit 3' bezeichnet. In entsprechender Weise ist eines der Steuerventile 4 mit 4' bezeichnet, wenn zwei Steuerventile 4 vorgesehen sind.

Die Steuerung 2 enthält zu diesem Zweck jeweils zwei Steuerpfade 8 und 9, die eingangsseitig jeweils ein Frequenzband-Pass-Filter 10 enthalten. Da die beiden Frequenzband-Pass-Filter 10 auf unterschiedliche Störfrequenzen abgestimmt sind, ist das eine Frequenzband-Pass-Filter mit 10' bezeichnet. In den Steuerpfaden 8, 9 ist dem Frequenzband-Pass-Filter 10, 10' jeweils ein Zeitverzögerungsglied 11 bzw. 11' nachgeschaltet, dem seinerseits ein

Verstärkerglied 12 nachgeschaltet ist. Ausgangsseitig sind die beiden Steuerpfade 8, 9 entweder mit einer der akustischen Quellen 3 oder mit einem der Steuerventile 4 verbunden.

Des Weiteren enthält jede Steuerung 2 einen Steueralgorithmus 13, der in Abhängigkeit eingehender Signale entsprechende Signale an die Eingangsseiten der Steuerpfade 8, 9 abgibt. Der Steueralgorithmus 13 erhält seine Eingangssignale von einer hier nicht gezeigten Sensorik, die zur Messung thermoakustischer Schwingungen im Verbrennungssystem 5 ausgebildet ist. Die von der Sensorik ermittelten Signale korrelieren dabei mit den thermoakustischen Schwingungen im Verbrennungssystem 5. Die gemessenen Signale können dabei Drucksignale sein. Die Sensorik umfasst dann Drucksensoren, vorzugsweise Mikrophone, insbesondere wassergekühlte Mikrophone und/oder Mikrophone mit piezoelektrischen Druckaufnehmern. Ebenso ist es möglich, dass die von der Sensorik gemessenen Signale durch Chemielumineszenzsignale gebildet sind, bevorzugt durch Chemielumineszenzsignale von der Emission eines der Radikale OH oder CH. Zweckmäßig kann die Sensorik dann optische Sensoren für sichtbare oder infrarote Strahlung, insbesondere optische Fasersonden, aufweisen.

Das zum Beispiel in der Brennkammer 7 gemessene Druck- oder Lumineszenzsignal wird in den Frequenzband-Pass-Filtern 10, 10' gefiltert. Durch die unterschiedlichen Durchgangsfrequenzen der Frequenzband-Pass-Filter 10, 10' wird die gewünschte separate Beeinflussung zweier verschiedener Störfrequenzen, zum Beispiel einer Haupt-Störfrequenz und einer Neben-Störfrequenz, der thermoakustischen Schwingungen im Verbrennungssystem 5 ermöglicht. Im jeweiligen Steuerpfad 8, 9 erfolgt dann im jeweiligen Zeitverzögerungsglied 11, 11' eine Phasenverschiebung, wobei die Phasenverschiebungen in den Steuerpfaden 8, 9 unterschiedlich sein können.

Anschließend erfolgt im Verstärker 12 eine Signalverstärkung, wobei auch hier zur Erzeugung unterschiedlicher Amplituden die Verstärkung in den Steuerpfaden 8, 9 verschieden sein kann. Die von den Steuerpfaden 8, 9 ausgehenden Signale treiben dann die jeweilige akustische Quelle 3, 3' bzw. das jeweilige Steuerventil 4, 4'. Hierdurch ergibt sich die gewünschte Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen.

Die Steuerung 2, insbesondere deren Steueralgorithmus 13, kann in Abhängigkeit der momentanen Druck- oder Lumineszens-Signale die Zeitverzögerungsglieder 11 bzw. 11' und/oder die Verstärker 12 betätigen. Hierdurch kann der Einfluss des jeweiligen Steuerpfads 8, 9 auf die jeweils zugeordnete Störfrequenz variiert bzw. nachgeführt werden. Insoweit ergeben sich hier für beide Steuerpfade 8, 9 geschlossene Regelkreise.

Für die Funktionsweise der Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen mittels akustischer Anregung der Gasströmung wird auf die EP 0 918 152 A1 verwiesen, deren Inhalt hiermit durch ausdrückliche Bezugnahme in den Offenbarungsgehalt der vorliegenden Erfindung eingegliedert wird. In entsprechender Weise wird für die Funktionsweise der Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen mittels modulierter Brennstoffeindüsung auf die EP 0 985 810 A1 verwiesen, deren Inhalt hiermit durch ausdrückliche Bezugnahme in den Offenbarungsgehalt der vorliegenden Erfindung eingegliedert wird.

Die strömungsmechanische Stabilität eines Gasturbinenbrenners ist von entscheidender Bedeutung für das Auftreten thermoakustischer Schwingungen. Die im Brenner entstehenden strömungsmechanischen Instabilitätswellen führen zur Ausbildung von Wirbeln. Diese auch als kohärente Strukturen bezeichneten Wirbel spielen eine bedeutende Rolle bei Mischungsvorgängen zwischen Luft

und Brennstoff. Die räumliche und zeitliche Dynamik dieser kohärenten Strukturen beeinflusst die Verbrennung und die Wärmefreisetzung. Durch die akustische Anregung der Gasströmung kann der Ausbildung dieser kohärenten Strukturen entgegengewirkt werden. Wird die Entstehung von Wirbelstrukturen am Brenneraustritt reduziert oder verhindert, so wird dadurch auch die periodische Wärmefreisetzungsschwankung reduziert. Diese periodischen Wärmefreisetzungsschwankungen bilden jedoch die Grundlage für das Auftreten thermoakustischer Schwingungen, so dass durch die akustische Anregung die Amplitude der thermoakustischen Schwankungen reduziert werden kann.

Von besonderem Vorteil ist es hierbei, wenn zur Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen eine sich im Bereich des Brenners ausbildende Scherschicht akustisch angeregt wird. Mit Scherschicht ist hier die Mischungsschicht bezeichnet, die sich zwischen zwei Fluidströmungen unterschiedlicher Geschwindigkeiten bildet. Die Beeinflussung der Scherschicht hat den Vorteil, dass eingebrachte Anregungen in der Scherschicht verstärkt werden. Somit wird zur Auslöschung eines vorhandenen Schallfelds nur wenig Anregungsenergie benötigt. Im Unterschied dazu wird bei einem reinen Antischall-Prinzip ein vorhandenes Schallfeld durch ein phasenverschobenes Schallfeld gleicher Energie ausgelöscht.

Die Scherschicht kann sowohl stromab als auch stromauf des Brenners angeregt werden. Stromab des Brenners kann die Scherschicht direkt angeregt werden. Bei einer Anregung stromauf des Brenners wird die akustische Anregung zunächst in ein Arbeitsgas, beispielsweise Luft, eingebracht, wobei sich die Anregung dann nach Durchgang des Arbeitsgases durch den Brenner in die Scherschicht überträgt. Da nur geringe Anregungsleistungen notwendig sind, können die akustischen Quellen 3 durch akustische Treiber, wie etwa Lautsprecher, gebildet sein, die auf die Gasströmung ausgerichtet sind. Alternativ

können eine oder mehrere Kammerwände mechanisch zu Schwingungen bei der jeweils gewünschten Frequenz angeregt werden.

Bevorzugt wird die momentane akustische Anregung der Gasströmung bzw. deren Scherschicht mit einem in dem Verbrennungssystem gemessenen Signal phasengekoppelt, das mit den thermoakustischen Fluktuationen korreliert ist. Dieses Signal kann stromab des Brenners in der Brennkammer oder in einer stromauf des Brenners angeordneten Beruhigungskammer gemessen werden. Die momentane akustische Anregung wird dann in Abhängigkeit dieses Messsignals gesteuert.

Durch die Wahl einer geeigneten, je nach Art des gemessenen Signals verschiedenen Phasendifferenz zwischen Messsignal und momentanem akustischen Anregungssignal wirkt die akustische Anregung der Ausbildung kohärenter Strukturen entgegen, so dass die Amplitude der Druckpulsation verringert wird. Die genannte Phasendifferenz wird durch das jeweilige Zeitverzögerungsglied 11, 11' eingestellt und berücksichtigt, dass in der Regel durch die Anordnung der Messsensoren und akustischen Treiber oder Quellen 3, 3' bzw. Steuerventile 4, 4' sowie durch die Messgeräte und Leitungen selbst Phasenverschiebungen auftreten. Wird die eingestellte relative Phase so gewählt, dass sich eine möglichst große Reduzierung der Druckamplitude ergibt, werden alle diese phasendrehenden Effekte implizit berücksichtigt. Da sich die günstigste relative Phase mit der Zeit ändern kann, bleibt die relative Phase vorteilhaft variabel und kann etwa über eine Kontrolle der Druckschwankungen so nachgeführt werden, dass stets eine große Unterdrückung gewährleistet ist.

Mit Hilfe der modulierten Brennstoffeindüsung lässt sich ebenfalls die Ausbildung thermoakustischer Schwingungen beeinflussen. Unter einer modulierten Brennstoffeindüsung wird hierbei jede zeitlich variierende Eindüsung von

flüssigem oder gasförmigem Brennstoff verstanden. Diese Modulation kann beispielsweise mit einer beliebigen Frequenz erfolgen. Die Eindüsung kann phasenunabhängig von den Druckschwingungen im Verbrennungssystem erfolgen; bevorzugt wird jedoch eine Ausführungsform, bei der die Eindüsung mit einem im Verbrennungssystem 5 gemessenen Signal phasengekoppelt ist, das mit den thermoakustischen Schwingungen korreliert ist. Die Modulation der Brennstoffeindüsung erfolgt durch ein entsprechendes Öffnen und Schließen der Steuerventile 4, 4', wodurch die Eindüszeiten (Start und Ende der Eindüsung) und/oder die Eindüsmenge variiert werden. Durch die modulierte Brennstoffzufuhr kann die in großräumigen Wirbeln umgesetzte Brennstoffmenge kontrolliert werden. Hierdurch kann die Ausbildung der kohärenten Wärme-freisetzungen und somit die Entstehung thermoakustischer Instabilitäten beeinflusst werden.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 sind zwei separate akustische Quellen 3 und 3' dargestellt, die über die parallelen Steuerpfade 8, 9 getrennt angesteuert werden. Grundsätzlich ist jedoch eine Ausführungsform denkbar, bei der beide Steuerpfade 8, 9 an eine gemeinsame akustische Quelle angeschlossen sind, wobei dann die Ausgangssignale der Steuerpfade 8, 9 in entsprechender Weise überlagert werden. Entsprechendes gilt auch für die Ausführungsform gemäß Fig. 2, bei der zwei separate Steuerventile 4 und 4' von den beiden Steuerpfaden 8, 9 angesteuert werden. Auch hier ist es grundsätzlich denkbar, ein gemeinsames Steuerventil durch eine Überlagerung der Ausgangssignale der beiden Steuerpfade 8, 9 zur Beeinflussung der beiden Störfrequenzen anzusteuern.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung
2	Steuerung
3	akustische Quelle
4	Steuerventil
5	Verbrennungssystem
6	Brenner
7	Brennkammer
8	Steuerpfad
9	Steuerpfad
10	Frequenzband-Pass-Filter
11	Zeitverzögerungsglied
12	Verstärker
13	Steueralgorithmus

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem (5) mit wenigstens einem Brenner (6) und wenigstens einer Brennkammer (7), bei dem eine sich im Bereich des Brenners (6) ausbildende Gasströmung akustisch angeregt wird und/oder bei dem eine Eindüsung von Brennstoff moduliert erfolgt,

dadurch gekennzeichnet,

dass die akustischen Anregungen der Gasströmung und/oder die modulierten Eindüsungen des Brennstoffs zur Beeinflussung von wenigstens zwei unterschiedlichen Störfrequenzen der thermoakustischen Schwingungen abgestimmt sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass zwei Störfrequenzen ausschließlich durch akustische Anregungen der Gasströmung mit unterschiedlichen Phasen und/oder Amplituden beeinflusst werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die akustischen Anregungen der Gasströmung mit wenigstens einer akustischen Quelle (3) erzeugt werden, wobei die Erzeugung akustischer Anregungen unterschiedlicher Phasen und/oder Amplituden entweder über eine

gemeinsame akustische Quelle oder über wenigstens zwei separate akustische Quellen (3, 3') erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass zwei Störfrequenzen ausschließlich durch modulierte Eindüsungen des Brennstoffs mit unterschiedlichen Eindüszeiten und/oder Eindüsmengen beeinflusst werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die modulierten Eindüsungen des Brennstoffs mit wenigstens einem Steuerventil (4) erzeugt werden, wobei die Erzeugung modulierter Eindüsungen unterschiedlicher Eindüszeiten und/oder Eindüsmengen entweder über ein gemeinsames Steuerventil oder über wenigstens zwei separate Steuerventile (4, 4') erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Störfrequenz durch akustische Anregung der Gasströmung beeinflusst wird und eine andere Störfrequenz durch modulierte Eindüsung des Brennstoffs beeinflusst wird.

7. Vorrichtung zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem

Verbrennungssystem (5) mit wenigstens einem Brenner (6) und einer

Brennkammer (7), bei der im Bereich des Brenners (6) wenigstens eine

akustische Quelle (3, 3') zur Erzeugung einer akustischen Anregung einer sich im Bereich des Brenners (6) ausbildenden Gasströmung angeordnet ist und/oder bei der der Brenner (6) wenigstens eine Brennstoffversorgungseinrichtung mit

wenigstens einem Steuerventil (4, 4') zur Erzeugung einer modulierten Eindüsung eines Brennstoffs aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

dass eine Steuerung (2) vorgesehen ist, die die wenigstens eine akustische Quelle (3, 3') und/oder das wenigstens eine Steuerventil (4, 4') zur Beeinflussung von wenigstens zwei unterschiedlichen Störfrequenzen der thermoakustischen Schwingungen ansteuert.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuerung (2) für jede zu beeinflussende Störfrequenz einen Steuerpfad (8, 9) aufweist, der eingangsseitig ein auf die jeweilige Störfrequenz abgestimmtes Frequenzband-Pass-Filter (10, 10') enthält und ausgangsseitig an die jeweilige akustische Quelle (3, 3') oder an das jeweilige Steuerventil (4, 4') angeschlossen ist, wobei jeder Steuerpfad (8, 9) ein Zeitverzögerungsglied (11, 11') enthält.

* * * * *

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Beeinflussung thermoakustischer Schwingungen in einem Verbrennungssystem (5), umfassend wenigstens einen Brenner (6) und wenigstens eine Brennkammer (7), wobei

- eine sich im Bereich des Brenners (6) ausbildende Gasströmung akustisch angeregt wird und/oder
- eine Eindüsung von Brennstoff moduliert erfolgt.

Um die Beeinflussung der thermoakustischen Schwingungen zu verbessern, sind die akustischen Anregungen der Gasströmung und/oder die modulierten Eindüsungen des Brennstoffs zur Beeinflussung von wenigstens zwei unterschiedlichen Störfrequenzen der thermoakustischen Schwingungen abgestimmt.

(Fig. 3)

* * * * *

1 / 1

